

対空標識の形状工夫による UAV 写真測量技術の実証実験について

(株)熊谷組 正会員 ○神崎 恵三 正会員 北原 成郎
正会員 石濱 茂崇 正会員 飛鳥馬 翼

1. はじめに

国土交通省が推進する「i-Construction」に基づき、工事現場では ICT（情報通信技術）を活用した技術による効率化・省力化が望まれている。特に UAV を用いた写真測量技術により、大幅な測量業務の短縮化が図れ、工事の効率化に大きく寄与している。ただ、UAV 写真測量を今後広く普及していくためには、対空標識の設置方法の工夫が要求される。広範囲の施工面積の測量にあたっては対空標識の設置と測量に多大な時間と労力を要し、また、自然災害現場などでは対空標識の設置自体が不可能な場合もある。また、写真測量の性質上、法面の法肩や法尻のエッジ部を正確に再現できないといった欠点もある。筆者らは、これらの点に着目し、対空標識の形状を工夫することで解決策があるのではと考え、実証実験を行ったので、ここに報告する。

2. 実証実験方法

実証実験は、延長 27m、幅 9m、高さ 0～2.7m の斜路を利用して実施した（写真-1）。写真測量で使用する UAV は DJI 製の Phantom4（Pro）を使用した（写真-2、表-1）。



写真-1 実証実験場所



写真-2 UAV 外観

表-1 UAV 仕様

DJI Phantom4 (Pro)			
機体重量	1,388g	飛行時間	約30分
対角寸法	350mm	最高速度	20m/s
耐 風	10m/s以下	センサーサイズ	1型
有効画素数	2000万画素	視野角	84°

実証実験の手順は、まず、基準点の測量を VRS 測量（単点観測）により計測した。観測は FIX 解を採用し、さらに 2 セットの観測を実施し、セット間較差を確認することで精度管理を実施した。セット間較差は、水平 20mm、垂直 30mm 以内とした。次に、法面形状を TS により観測した。観測位置は、法面に約 5m ピッチで断面（断面①～③）の構成点（法肩・法尻・変化点）を観測した。次に実証実験は以下の 4 ケースで行い、断面①～③に対して、UAV による写真測量を行い、TS による観測値と比較して精度検証を実施した（表-2、写真-3～6）。UAV の飛行高度 15m、オーバーラップ率（進行方向）90%で行った。

表-2 実証実験検討ケース

ケース	実 験 内 容	実 験 目 的	対 空 標 識
ケース 1	エリアの周囲に 5 ケ所対空標識（平型）を設置	通常の UAV 測量による方法	写真-3 標識の中心を測量
ケース 2	法肩・法尻部に 5m 間隔に対空標識（折曲がり型）を設置	法肩・法尻部・変化点の再現精度の把握	写真-4、5 標識の 3 箇所を測量
ケース 3	法肩・法尻部にテープを設置	法肩・法尻部の再現精度の把握	テープの両端を測量
ケース 4	エリアの周囲にランダムに対空標識（三角錐型）を設置	災害区域など立入りできず、対空標識の測量ができない場合を想定	写真-6 標識頂点を TS（ノブ・リス・ム）測量

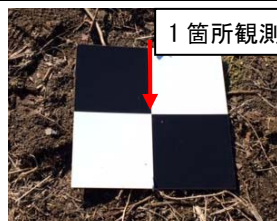


写真-3 対空標識

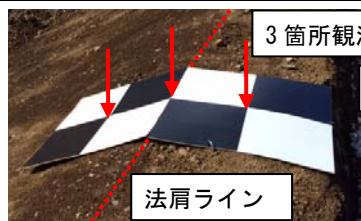


写真-4 対空標識（法肩部）

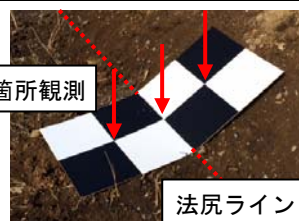


写真-5 対空標識（法尻部）

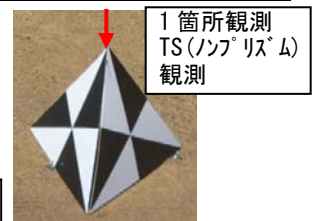


写真-6 対空標識（三角錐型）

キーワード：UAV、VRS 測量、写真測量、対空標識

連 絡 先：〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 TEL03-3235-8649

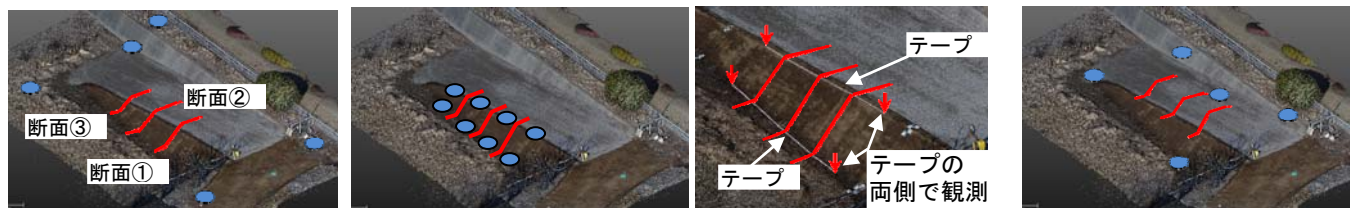
断面①～③の位置と、各ケースの対空標識の設置位置を図-1に示す。

＜ケース 1＞

＜ケース 2＞

＜ケース 3＞

＜ケース 4＞

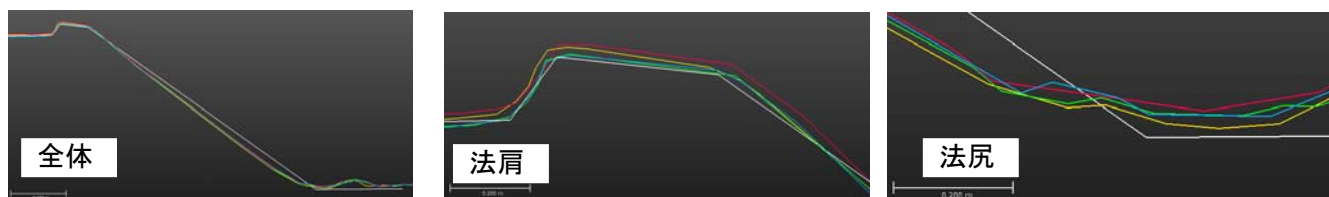


●：対空標識位置

図-1 対空標識設置位置図

3. 実証実験結果

4 ケースの写真測量解析を写真解析ソフト「PhotoScan」で行い、TS で観測した断面をポリラインにし、各ケースの点群データから断面毎（①～③）にポリライン上に生成したものと比較（取得形状および垂直較差）した。断面①での形状比較を図-2に示し、表-3、図-3に断面毎の垂直誤差の比較とグラフ（断面①）を示す。



凡例：白線-TS 黄線-ケース 1 緑線-ケース 2 青線-ケース 3 赤線-ケース 4

図-2 各ケースの形状比較（断面①）

表-3 断面毎垂直誤差比較表（TS との比較）

断面No	ケース	変化点の垂直較差(mm)			
		法肩			法尻
		1(凹部)	2(凸部)	3(凸部)	4(凹部)
①	1	36	20	9	33
	2	10	-1	3	44
	3	10	-4	10	40
	4	38	25	30	58
②	1	68	7	18	22
	2	48	-7	9	31
	3	34	-16	-1	30
	4	71	9	29	22
③	1	33	5	4	28
	2	13	-5	-1	16
	3	-5	-28	-17	-2
	4	39	3	10	16

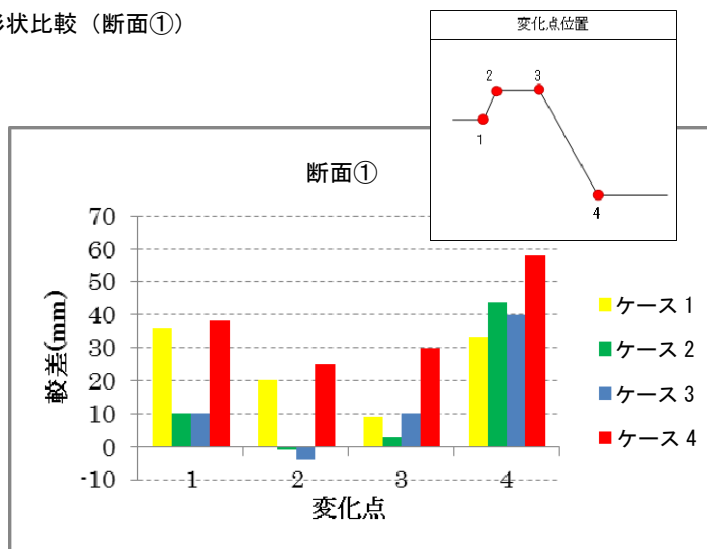


図-3 垂直誤差比較図（断面①）

4. まとめ

今回の対空標識の形状工夫による実証実験の結果、以下の検証評価を得ることができた。

- ・ ケース 2 で使用した対空標識（折曲がり型）は、法肩、法尻のエッジ部を精度よく再現するための方法として考えたものである。エッジ部を対空標識の折曲がり部の中心に設置し、中心と両側の 2 箇所観測することで精度の良い解析結果を得ることができた。特に凸部（変化点 2, 3）で顕著である。
- ・ ケース 3 もケース 2 と同じ目的で対空標識を使用せず、法肩・法尻部のエッジ部にテープを設置してテープの両側を観測したものであるが、このケースもエッジ部の精度を高めることができた。対空標識を法尻、法肩に細かいピッチで設置していくことは実際の施工では非常に労力があるため、この方法の方が実用的であるといえるかもしれない。こちらも凸部（変化点 2, 3）で顕著である。
- ・ ケース 4 で使用した三角錐型の対空標識は、人が立入りできない箇所を想定し、遠方から標識の頂点を TS（ノンプリズム）で観測したものであるが、通常の写真測量のケース 1 と比較して場所により較差が生じた。三角錐型対標の計測部に反射強度の高いシートを施せば、さらに精度が高まると考えられる。